

**CERTIFICATE OF HAND DELIVERY**

I hereby certify that this correspondence is being hand filed with the United States Patent and Trademark Office in Washington, D.C. on August 28, 2003.

\_\_\_\_\_  
Geraldine Maddox

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In the application of:

Masanori WATANABE

Serial No.: New Application

Filing Date: August 28, 2003

For: SEMICONDUCTOR LASER DEVICE AND  
METHOD FOR PRODUCING THE SAME

Examiner: Not Yet Assigned

Group Art Unit: Not Yet Assigned

**SUBMISSION OF CERTIFIED FOREIGN PRIORITY DOCUMENTS**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, Virginia 22313-1450

Sir:

Under the provisions of 35 USC 119, Applicant hereby claims the benefit of the filing of Japanese patent application No. 2002-251322 filed August 29, 2002.


The certified priority documents are attached to perfect Applicant's claim for priority.

It is respectfully requested that the receipt of the certified copy attached hereto be acknowledged in this application.

In the event that the transmittal letter is separated from this document and the Patent and Trademark Office determines that an extension and/or other relief is required, applicant petitions for any required relief including extensions of time and authorizes the Commissioner to charge the cost of such petitions and/or other fees due in connection with the filing of this document to **Deposit Account No. 03-1952** referencing **204552029600**.

Dated: August 28, 2003

Respectfully submitted,

By:   
Barry E. Bretschneider  
Registration No. 28,055

Morrison & Foerster LLP  
1650 Tysons Boulevard, Suite 300  
McLean, Virginia 22102  
Telephone: (703) 760-7743  
Facsimile: (703) 760-7777



日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出 願 年 月 日

Date of Application:

2002年 8月29日

出 願 番 号

Application Number:

特願2002-251322

[ ST.10/C ]:

[ JP2002-251322 ]

出 願 人

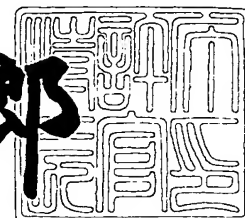
Applicant(s):

シャープ株式会社

2003年 7月 1日

特 許 庁 長 官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

太田 信一郎



出証番号 出証特2003-3052035

【書類名】 特許願

【整理番号】 185430

【提出日】 平成14年 8月29日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 5/00

【発明者】

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号 シャープ株式会社内

【氏名】 渡辺 昌規

【特許出願人】

【識別番号】 000005049

【住所又は居所】 大阪府大阪市阿倍野区長池町 2 2 番 2 2 号

【氏名又は名称】 シャープ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100062144

【弁理士】

【氏名又は名称】 青山 葆

【選任した代理人】

【識別番号】 100086405

【弁理士】

【氏名又は名称】 河宮 治

【選任した代理人】

【識別番号】 100084146

【弁理士】

【氏名又は名称】 山崎 宏

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 013262

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0208766

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体レーザ装置およびその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板上に、

n型  $(\text{Al}_e \text{Ga}_{1-e})_f \text{In}_{1-f} \text{P}$  (ただし、 $0 \leq e \leq 1$ 、 $0 \leq f \leq 1$ ) クラッド層と、AlGaInP材料系の層を積層した活性層と、p型  $(\text{Al}_x \text{Ga}_{1-x})_y \text{In}_{1-y} \text{P}$  (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ) クラッド層と、p型  $(\text{Al}_p \text{Ga}_{1-p})_q \text{In}_{1-q} \text{P}$  (ただし、 $0 \leq p \leq x$ 、 $0 \leq q \leq 1$ ) 中間バンドギャップ層とが順次積層された半導体レーザ装置であって、

上記p型  $(\text{Al}_p \text{Ga}_{1-p})_q \text{In}_{1-q} \text{P}$  中間バンドギャップ層表面上のレーザ光射出端面側の電流非注入領域に形成された酸化物層と、

上記p型  $(\text{Al}_p \text{Ga}_{1-p})_q \text{In}_{1-q} \text{P}$  中間バンドギャップ層上の上記電流非注入領域以外の電流注入領域に形成されたp型  $\text{Al}_u \text{Ga}_{1-u} \text{As}$  (ただし、 $0 \leq u \leq 1$ ) キャップ層と、

上記酸化物層上および上記p型  $\text{Al}_u \text{Ga}_{1-u} \text{As}$  キャップ層上に形成されたp型  $\text{Al}_v \text{Ga}_{1-v} \text{As}$  (ただし、 $0 \leq v \leq 1$ ) コンタクト層とを有することを特徴とする半導体レーザ装置

【請求項 2】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、

上記酸化物層の酸素濃度は、上記電流注入領域における上記p型  $(\text{Al}_p \text{Ga}_{1-p})_q \text{In}_{1-q} \text{P}$  中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u \text{Ga}_{1-u} \text{As}$  キャップ層との界面における酸素濃度よりも大きく、かつ、上記p型  $\text{Al}_u \text{Ga}_{1-u} \text{As}$  キャップ層と上記p型  $\text{Al}_v \text{Ga}_{1-v} \text{As}$  コンタクト層との界面における酸素濃度よりも大きいことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 3】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、

上記酸化物層の酸素濃度が  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以上であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 4】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、

上記電流注入領域における上記p型  $(\text{Al}_p \text{Ga}_{1-p})_q \text{In}_{1-q} \text{P}$  中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u \text{Ga}_{1-u} \text{As}$  キャップ層との界面の酸素濃度および上記p型  $\text{Al}_v \text{Ga}_{1-v} \text{As}$  コンタクト層の酸素濃度を特徴とする半導体レーザ装置。

$u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層と上記  $p$  型  $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}\text{As}$  コンタクト層との界面の酸素濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以下であることを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 5】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、

上記  $p$  型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  中間バンドギャップ層は、 $p \leq 0.1$  の条件を満たすことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 6】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置において、

上記電流非注入領域に対応する上記活性層の領域におけるレーザ光出射端面側の少なくとも一部を混晶化したことを特徴とする半導体レーザ装置。

【請求項 7】 請求項 1 に記載の半導体レーザ装置を製造する半導体レーザ装置の製造方法であって、

$p$  型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$   $P$  (ただし、 $0 \leq p \leq x$ 、 $0 \leq q \leq 1$ ) 中間バンドギャップ層と、 $p$  型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  (ただし、 $0 \leq u \leq 1$ ) キャップ層とを同一成膜装置内で順次形成する中間バンドギャップ層およびキャップ層形成工程と

上記中間バンドギャップ層およびキャップ層形成工程の後、電流非注入領域を生成するために上記  $p$  型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層の一部の領域を除去するキャップ層除去工程と、

上記キャップ層除去工程で上記  $p$  型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層の一部の領域を除去することにより露出した上記  $p$  型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  中間バンドギャップ層の領域の表面上に、酸化物層を形成する酸化物層形成工程と、

上記キャップ層除去工程で除去されなかった上記  $p$  型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層上および上記酸化物層形成工程で形成された酸化物層上に、 $p$  型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層 (ただし、 $0 \leq v \leq 1$ ) を形成するコンタクト層形成工程とを備えた半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 8】 請求項 7 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、

上記  $p$  型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層を、分子線エピタキシ法で形成することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 9】 請求項 8 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、

上記  $p$  型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層を形成する前に、過酸化水素水を含む溶

液を用いて上記p型  $(Al_pGa_{1-p})_qIn_{1-q}$  P中間バンドギャップ層の表面を酸化させることを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 0】 請求項 8 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、  
上記p型  $Al_vGa_{1-v}As$  コンタクト層を形成する前に、オゾン、酸素イオンまたは活性酸素のうちの少なくとも 1 つの雰囲気に曝して上記p型  $(Al_pGa_{1-p})_qIn_{1-q}$  P中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 1】 請求項 8 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、  
上記p型  $Al_vGa_{1-v}As$  コンタクト層を形成する前に、水蒸気を含む気体に曝して上記p型  $(Al_pGa_{1-p})_qIn_{1-q}$  P中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 2】 請求項 7 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において、  
上記p型  $Al_vGa_{1-v}As$  コンタクト層を、有機金属気相成長法で形成することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 3】 請求項 1 2 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において  
上記p型  $Al_vGa_{1-v}As$  コンタクト層を形成する前に、過酸化水素水を含む溶液を用いて上記p型  $(Al_pGa_{1-p})_qIn_{1-q}$  P中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 4】 請求項 1 2 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において  
上記p型  $Al_vGa_{1-v}As$  コンタクト層を形成する前に、オゾン、酸素イオンまたは活性酸素のうちの少なくとも 1 つの雰囲気に曝して上記p型  $(Al_pGa_{1-p})_qIn_{1-q}$  P中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【請求項 1 5】 請求項 1 2 に記載の半導体レーザ装置の製造方法において  
上記p型  $Al_vGa_{1-v}As$  コンタクト層を形成する前に、水蒸気を含む気体に曝して上記p型  $(Al_pGa_{1-p})_qIn_{1-q}$  P中間バンドギャップ層の表面を酸化する



ことを特徴とする半導体レーザ装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【 0 0 0 1 】

【発明の属する技術分野】

本発明は、半導体レーザ装置およびその製造方法に関し、特に光ディスク等の光源に用いられる半導体レーザ装置およびその製造方法に関する。

【 0 0 0 2 】

【従来の技術および発明が解決しようとする課題】

従来、半導体レーザ装置として、端面出射型の光ディスク用半導体レーザ装置がある。この光ディスク用半導体レーザ装置は、光ディスクに高速に書き込むために高出力化が求められているが、高出力動作時にレーザ光出射端面で劣化が生じるという問題がある。このレーザ光出射端面での劣化を抑制するため、端面窓構造と呼ばれる構造が一般に使われている。この端面窓構造は、活性層のレーザ光出射端面付近を混晶化することによって活性層のレーザ光出射端面付近（以下、この領域を窓領域という）に形成される。この端面窓構造は、窓領域の量子井戸層のエネルギーバンドギャップを広くして、窓領域での光の吸収を小さくするために形成されている。この端面窓構造は、光の吸収が起こりにくい構造になっているので、レーザ光出射端面が、強いレーザ光によって劣化することを防止でき、かつ、レーザ光の出射出力が低下することも防止できる。

【 0 0 0 3 】

ところで、この端面窓構造において、活性層の窓領域へ電流が流れると、活性層の内部領域とは異なる光が発生して、端面劣化の要因となる。従って、窓領域に電流が流れることを防止するため、半導体レーザ装置に電流非注入構造を付加する必要がある。

【 0 0 0 4 】

従来の端面電流非注入構造の一例を示すため、特開平 0 3 - 1 5 3 0 9 0 号公報で開示されている第 1 の半導体レーザ装置の構造を図 1 0 に示す。図 1 0 ( A ) は、上記第 1 の半導体レーザ装置の斜視図であり、図 1 0 ( B ) は、図 1 0 ( A ) の X - X 線から見た断面図である。

## 【 0 0 0 5 】

上記第 1 の半導体レーザ装置における図 1 0 (A) の電流注入領域 A においては、図 1 0 (B) に示すように、n 型 GaAs 基板 1 上に、n 型 GaInP バッファ層 2、n 型 AlGaInP クラッド層 3、GaInP 活性層 4、p 型 AlGaInP クラッド層 5、p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 6、n 型 GaAs ブロック層 7、p 型 GaAs コンタクト層 8 が、順に積層されている。

## 【 0 0 0 6 】

一方、上記第 1 の半導体レーザ装置における図 1 0 (A) の電流非注入領域 B においては、図 1 0 (A) のレーザ光出射端面 5 0 に示すように、p 型 AlGaInP クラッド層 5 上に直接 p 型 GaAs コンタクト層 8 が設けられており、p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 6 が除かれている。

## 【 0 0 0 7 】

図 1 0 に示す第 1 の半導体レーザ装置において、電流注入領域 A のみで形成された半導体レーザ装置と、電流非注入領域 B のみで形成された半導体レーザ装置の電流の流れ方（電圧－電流特性）を比較したのが図 1 1 である。電圧 2.5 V を印加した場合、図 1 1 に実線で示す電流注入領域 A のみで形成された半導体レーザ装置のみに電流が流れ、図 1 1 に点線で示す電流非注入領域 B のみで形成された半導体レーザ装置には電流が流れない。

## 【 0 0 0 8 】

以下、図 1 2 を用いて上記半導体レーザ装置の半導体接合界面で電流が流れにくくなる現象を説明する。図 1 2 において、横軸は、p 型 AlGaInP クラッド層 5 から p 型 GaAs コンタクト層 8 までの距離（n 型 GaAs 基板 1 に垂直な方向）を示し、縦軸は、半導体レーザ装置のエネルギーレベルを示している。また、図 1 2 において、 $E_c$  は伝導帯（電子）のエネルギーレベル、 $E_v$  は価電子帯（正孔）のエネルギーレベル、 $E_c$  と  $E_v$  との差はエネルギーバンドギャップを示している。

## 【 0 0 0 9 】

上記第 1 の半導体レーザ装置は、電流注入領域 A において、p 型 AlGaInP クラッド層 5 と p 型 GaAs コンタクト層 8 との間に両者の中間のエネルギーレベルを有する p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 6 を設けたので、図 1 2 (A) に示すように、

エネルギーバンドギャップの差によって生じるエネルギーバリア $\Delta E_{a1}$ および $\Delta E_{a2}$ を小さくすることができて、電流（正孔）の流れをスムーズにすることができる。

【 0 0 1 0 】

一方、上記第 1 の半導体レーザ装置は、電流非注入領域 B において p 型 AlGaInP クラッド層 5 と p 型 GaAs コンタクト層 8 とを直接接触させたので、エネルギーバンドギャップの差によって生じるエネルギーバリア $\Delta E_b$ を大きくすることができて、電流（正孔）の流れを防止することができる。上記第 1 の半導体レーザ装置は、このようにして窓領域に電流が流れることを防止している。

【 0 0 1 1 】

しかしながら、上記第 1 の半導体レーザ装置を製造するとき、電流非注入領域を形成するために p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 6 のみをレーザ光のレーザ光出射端面付近で選択的に除去する工程が必要になり、この工程は次のような問題点を有している。以下、その問題点について、従来の電流非注入領域の模式断面図である図 1 3 (A) , (B) を用いて説明する。

【 0 0 1 2 】

上記第 1 の半導体レーザ装置は、通常ウェットエッチングによって図 1 3 (A) に示す p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 1 3 1 を除去するが、代表的なエッチャントである臭素を含む液を用いた場合には、図 1 3 (A) に示す p 型 AlGaInP クラッド層 1 3 2 もエッチングされるため、図 1 3 (A) に示す p 型 AlGaInP クラッド層 1 3 2 の厚さが図 1 3 (B) に示すように電流非注入領域において減ることになる。したがって、レーザ光は、p 型 AlGaInP クラッド層 1 3 2 の上端まで広がっているため、p 型 AlGaInP クラッド層 1 3 2 の厚さが減ることにより、レーザ光を活性層に閉じ込める機能が低下し、光の吸収が起こってレーザ光の出射出力の低下を招くという問題がある。

【 0 0 1 3 】

更に、図 1 0 に示す第 1 の半導体レーザ装置の n 型 GaAs ブロック層 7 を n 型 AlInP ブロック層に置き換えることにより、光の吸収を低減する所謂リアルガイド構造にした場合、図 1 3 (A) に示す p 型 GaInP キャップ層をエッチングする工程で

、n型AlInPブロック層133とリッジを形成するp型AlGaInPクラッド層132の両方がエッチングされるという問題もある。詳細には、上記リアルガイド構造を採用した場合、n型AlInPブロック層133の結晶品質が平面上の結晶品質と異なるn型AlInPブロック層133におけるp型AlGaInPクラッド層132のリッジ側面132a（図13（A）参照）付近において、n型AlInPブロック層133がエッチングされ易くなることにより、p型AlGaInPクラッド層132のリッジ形状およびn型AlInPブロック層133の境界面の形状が図13（B）に示すように湾曲変形して、半導体レーザ装置のレーザ光出射端面近傍で光が吸収され易くなるという問題がある。尚、図13（B）において、参照番号135は、p型GaInPキャップ層をエッチングする工程で、エッチングされてしまうn型AlInPブロック層の一部を示し、参照番号136は、p型GaInPキャップ層をエッチングする工程で、エッチングされてしまうp型AlGaInPクラッド層の一部を示している。

## 【0014】

また、図14に示す特開平9-293928号公報に開示されている第2の半導体レーザ装置においても以下に示す問題がある。

## 【0015】

この第2の半導体レーザ装置は、基板21上に、n型AlGaInPクラッド層22、活性層23、p型AlGaInPクラッド層24、p型GaInP層を順次積層させた上に、活性層23のレーザ光出射端面の近傍部分を混晶化する一連の工程（ここでは、詳細は省略する）を行い、更にこの活性層23のレーザ光出射端面の近傍部分にバンドギャップを増大させた窓構造30を形成している。上記第2の半導体レーザ装置は、窓構造30を形成した後、リッジ31、電流ブロック層26およびコンタクト層32を形成し、更に、窓領域に無効電流が流れるのを防止するためにコンタクト層32を高抵抗化したプロトン注入領域33を、プロトン注入法によってコンタクト層32のレーザ光出射端面側に形成している。

## 【0016】

上記第2の半導体レーザ装置では、プロトン注入法を用いているが、プロトンの注入によって結晶に欠陥が入るため、結晶の欠陥が半導体レーザ装置の動作中に増殖して、半導体レーザ装置が劣化するという問題がある。一方、半導体レー

ザ装置の劣化を抑えるために弱いエネルギーを有するプロトンを注入すると、十分な電流非注入効果が得られないという問題もある。

## 【 0 0 1 7 】

そこで、本発明の目的は、出射端面の劣化を防止できると共に、出射端面近傍でのレーザ光の吸収を抑えてレーザ光の出射出力の低下を防止できる半導体レーザ装置およびこの半導体レーザ装置の製造方法を提供することにある。

## 【 0 0 1 8 】

## 【課題を解決するための手段】

上記目的を達成するため、この発明の半導体レーザ装置は、基板上に、n型  $(\text{Al}_e\text{Ga}_{1-e})_f\text{In}_{1-f}\text{P}$  (ただし、 $0 \leq e \leq 1$ 、 $0 \leq f \leq 1$ ) クラッド層と、AlGaInP材料系の層を積層した活性層と、p型  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  (ただし、 $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ) クラッド層と、p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  (ただし、 $0 \leq p \leq x$ 、 $0 \leq q \leq 1$ ) 中間バンドギャップ層とを順次積層する。そして、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層表面上のレーザ光出射端面側の電流非注入領域に酸化物層を形成すると共に、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層上の上記電流非注入領域以外の電流注入領域にp型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  (ただし、 $0 \leq u \leq 1$ ) キャップ層を形成して、更に、上記酸化物層上および上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層上にp型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  (ただし、 $0 \leq v \leq 1$ ) コンタクト層を形成する。

## 【 0 0 1 9 】

尚、この明細書においては、 $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ 、 $0 \leq y \leq 1$ ) をAlGaInPと、 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) をGaInPと、また、 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) をAlGaAsと夫々略記する場合がある。

## 【 0 0 2 0 】

また、この明細書では、上記各層の材料組成比を表わす  $e$ 、 $f$ 、 $x$ 、 $y$ 、 $p$ 、 $q$ 、 $u$  および  $v$  の値は、同じ層においても、層の深さによって変動してもよいことにする。例えば、上記p型  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  クラッド層を、p型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  第1上クラッド層と、p型  $\text{Ga}_{0.6}\text{In}_{0.4}\text{P}$  エッチングストップ層と、p型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  上クラッド層とを順に

積層することによって形成しても良い。ただし、このように上記p型  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  クラッド層を複数の層で構成した場合には、p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  (ただし、 $0 \leq p \leq x$ 、 $0 \leq q \leq 1$ ) 中間バンドギャップ層のPの上限値であるxの値は、p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層が積層される部分のp型  $(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  クラッド層が有しているxの値として定義することにする(上記例の場合、xの値は0.7である)。

## 【0021】

この発明の半導体レーザ装置によれば、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層表面上のレーザ光出射端面側の電流非注入領域に酸化物層が形成されるので、p型GaInP中間バンドギャップ層を除去しなくても電流非注入領域が良好な電流非注入特性を有することになる。したがって、電流非注入領域においてもp型GaInP中間バンドギャップ層を除去せずに残すことができるので、従来の半導体レーザ装置のように電流非注入領域のp型GaInP中間バンドギャップ層をエッチングするとき、同時にp型AlGaInPクラッド層がエッチングされることがなくて、p型AlGaInPクラッド層の厚さが電流非注入領域において減少することがない。したがって、レーザ光を活性層に閉じ込める機能が低下することがないので、出射端面近傍での光の吸収を抑えてレーザ光の出射出力の低下を防止することができる。

## 【0022】

また、この発明の半導体レーザ装置によれば、電流非注入領域においてp型GaInP中間バンドギャップ層が除去されずに残っているので、リッジを形成するp型AlGaInPクラッド層がエッチングされることがない。したがって、p型AlGaInPクラッド層のリッジ形状が湾曲変形することがなくて、このリッジ形状を意図した形状に保つことができるので、レーザ光出射端面近傍での光の吸収を抑制して、レーザ光の出射出力の低下を防止することができる。

## 【0023】

また、この発明の半導体レーザ装置の電流非注入領域は、プロトン注入法等の技術を用いずに形成されるので、半導体レーザ装置の結晶に欠陥が生じることを防止できる。

## 【0024】

また、一実施形態の半導体レーザ装置は、上記酸化物層の酸素濃度が、上記電流注入領域における上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  P中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層との界面における酸素濃度よりも大きく、かつ、上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層と上記p型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層との界面における酸素濃度よりも大きいことを特徴としている。

## 【0025】

上記実施形態によれば、上記酸化物層の酸素濃度は、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  P中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層との界面における酸素濃度および上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層と上記p型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層との界面における酸素濃度よりも大きいので、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  P中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層との界面での電流の流れが、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  P中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層との界面での電流の流れおよび上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  P中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層との界面での電流の流れよりも小さくなる。したがって、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}$  P中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層との界面で電流の流れを確実に遮断して、大きな電流非注入効果を得ることができる。

## 【0026】

また、一実施形態の半導体レーザ装置は、上記酸化物層の酸素濃度が、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以上であることを特徴としている。

## 【0027】

上記実施形態において、酸化物層の酸素濃度が、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以上（好ましくは  $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以上）であれば、上記酸化物層によりp型AlGaInP中間バンドギャップ層に電流が流れることを十分に阻止できることが、本発明人によって実験により実証されている。したがって、酸素濃度が  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以上の酸化物層を、p型AlGaInP中間バンドギャップ層とp型AlGaAsコンタクト層の界面に形成することによって、十分な電流非注入効果を得ることができ

る。

【 0 0 2 8 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置は、上記電流注入領域における上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層との界面の酸素濃度および上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  コンタクト層との界面の酸素濃度は、 $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以下であることを特徴としている。

【 0 0 2 9 】

上記実施形態において、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層との界面の酸素濃度と、上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層と上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  コンタクト層との界面の酸素濃度がともに  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以下（好ましくは  $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  以下）であれば、電流が上記酸素濃度を有する界面を容易に通過できることが、本発明人によって実験により実証されている。したがって、レーザ光を生成するために電流の供給が必要な電流注入領域に十分な電流を供給することができる。

【 0 0 3 0 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置は、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層は、 $p \leq 0.1$  の条件を満たすことを特徴としている。

【 0 0 3 1 】

上記実施形態によれば、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層のAl組成比pを0.1以下としたので、良好な成膜性およびエッチング時の制御性を維持することができる。また、上記中間バンドギャップ層にAlを混入したので、界面に酸化物層を生成し易くなる効果を大きく向上させることができる。もし、上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層のAl組成比pを0.4よりも大きくしたとすると、良好な成膜性およびエッチング時の制御性を維持することが困難になる。

【 0 0 3 2 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置は、電流非注入領域に対応する上記活性層の領域におけるレーザ光出射端面側の少なくとも一部を混晶化したことを特徴



としている。

【 0 0 3 3 】

上記実施形態によれば、電流非注入領域に対応する上記活性層の領域におけるレーザ光出射端面側の少なくとも一部を混晶化したので、この混晶化を行った活性層のレーザ光出射端面側の少なくとも一部に、バンドギャップエネルギーの最低値が、混晶化されていない活性層のバンドギャップエネルギーの最大値よりも大きい窓領域を形成することができる。したがって、この窓領域は、エネルギーバンドギャップが広くて光が吸収されにくい構造になっているので、最大光出力の向上を図ることができると共に、窓領域を設けず電流非注入構造のみを用いたときに生じる電流・光出力特性のスイッチング現象も防止でき、かつ、低出力時のノイズの増大も防止できる。したがって、上記実施形態の半導体レーザ装置を、低出力動作と高出力動作を共に行うことができる光ディスク用半導体レーザ装置に適用することができる。

【 0 0 3 4 】

また、この発明の半導体レーザ装置の製造方法は、p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  (ただし、 $0 \leq p \leq x$ 、 $0 \leq q \leq 1$ ) 中間バンドギャップ層と、p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  (ただし、 $0 \leq u \leq 1$ ) キャップ層とを同一成膜装置内で順次形成する中間バンドギャップ層およびキャップ層形成工程で、上記p型  $\text{AlGaInP}$  中間バンドギャップ層と上記p型  $\text{AlGaAs}$  キャップ層を同一成膜装置内で順次形成する。その後、電流非注入領域を生成するために上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層の一部を除去するキャップ層除去工程で、電流非注入領域となる部分における上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層を除去した後、次の酸化物層形成工程で、上記キャップ層除去工程で上記p型  $\text{Al}_u\text{Ga}_{1-u}\text{As}$  キャップ層の一部の領域を除去することによって露出しているp型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層上に、酸化物層を形成する。最後に、コンタクト層形成工程で、電流注入領域における上記p型  $\text{AlGaAs}$  キャップ層上および電流非注入領域における上記酸化物層上に上記p型  $\text{AlGaAs}$  コンタクト層を形成する。

【 0 0 3 5 】

この発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、上記キャップ層除去工程の

後、酸化物層形成工程で、この上記キャップ層除去工程によって露出させられた上記p型AlGaInP中間バンドギャップ層上に、酸化物層を形成することによって電流非注入領域を適切に形成できる。したがって、この酸化物層によって、電流非注入領域へ電流が流れることを確実に阻止して、電流非注入領域の良好な電流非注入特性を確保できる。

【 0 0 3 6 】

また、この発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、上記キャップ層除去工程でキャップ層が除去されていない電流注入領域に、連続成長の良好な界面を形成できるので、上記電流注入領域には低い電圧で電流が流れるようにすることができる。したがって、電流注入領域の良好な電流注入特性を確保できる。

【 0 0 3 7 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を、分子線エピタキシ法で形成することを特徴としている。

【 0 0 3 8 】

上記実施形態によれば、上記p型AlGaAsコンタクト層を、分子線エピタキシ法(MBE法)で形成するので、水素等の還元性を有するガスが用いられることがない。したがって、基板温度が低い状態でも上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層に確実に酸化物層を形成することができる。

【 0 0 3 9 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を分子線エピタキシ法で形成する前に、過酸化水素水を含む溶液を用いて上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層の表面を酸化させることを特徴としている。

【 0 0 4 0 】

上記実施形態によれば、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を分子線エピタキシ法で形成する前に、過酸化水素水を含む溶液を用いて上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層の表面を酸化させるので、液体に浸漬するだけの簡便な処理で、上記酸化物層を形成することができて、より確実に電流非注入領域の形成を図ることができる。

## 【 0 0 4 1 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を分子線エピタキシ法で形成する前に、オゾン、酸素イオンまたは活性酸素（酸素ラジカル）のうちの少なくとも1つの雰囲気に曝して上記p型（ $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}$ ） $\text{In}_{1-q}$ P中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴としている。

## 【 0 0 4 2 】

上記実施形態によれば、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を分子線エピタキシ法で形成する前に、オゾン、酸素イオンまたは活性酸素のうちの少なくとも1つの雰囲気に曝して上記p型（ $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}$ ） $\text{In}_{1-q}$ P中間バンドギャップ層の表面を酸化するので、酸化性気体雰囲気に曝すだけの簡便な処理で、上記酸化物層を形成することができて、より確実に電流非注入領域の形成を図ることができる。

## 【 0 0 4 3 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を分子線エピタキシ法で形成する前に、水蒸気を含む気体に曝して上記p型（ $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}$ ） $\text{In}_{1-q}$ P中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴としている。

## 【 0 0 4 4 】

上記実施形態によれば、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を分子線エピタキシ法で形成する前に、水蒸気を含む気体に曝して上記p型（ $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}$ ） $\text{In}_{1-q}$ P中間バンドギャップ層の表面を酸化するので、水蒸気を含む気体の雰囲気に曝すだけの簡便な処理で、上記酸化物層を形成することができて、より確実に電流非注入領域の形成を図ることができる。

## 【 0 0 4 5 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を、有機金属気相成長法で形成することを特徴としている。

## 【 0 0 4 6 】

上記実施形態によれば、上記p型 $\text{AlGaAs}$ コンタクト層を、還元性ガスである水

素を用いる有機金属気相成長法（MOCVD法）で形成するが、過酸化水素水等を使った表面酸化方法と併用したり、有機金属気相成長法を行うときの条件（基板の温度等）を変更することにより、有機金属気相成長法によっても良好な電流非注入特性を有する酸化物層を形成することができる。

【 0 0 4 7 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を有機金属気相成長法で形成する前に、過酸化水素水を含む溶液を用いて上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層の表面を酸化させることを特徴としている。

【 0 0 4 8 】

上記実施形態によれば、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を有機金属気相成長法で形成する前に、過酸化水素水を含む溶液を用いて上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層の表面を酸化させるので、液体に浸漬するだけの簡便な処理で、上記酸化物層を形成することができて、より確実に電流非注入領域の形成を図ることができる。

【 0 0 4 9 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を有機金属気相成長法で形成する前に、オゾン、酸素イオンまたは活性酸素のうちの少なくとも1つの雰囲気に曝して上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴としている。

【 0 0 5 0 】

上記実施形態によれば、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$ コンタクト層を有機金属気相成長法で形成する前に、オゾン、酸素イオンまたは活性酸素のうちの少なくとも1つの雰囲気に曝して上記p型 $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$ 中間バンドギャップ層の表面を酸化するので、酸化性気体の雰囲気に曝すだけの簡便な処理で、上記酸化物層を形成することができて、より確実に電流非注入領域の形成を図ることができる。

【 0 0 5 1 】

また、一実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、上記p型 $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$

コンタクト層を有機金属気相成長法で形成する前に、水蒸気を含む気体に曝して上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層の表面を酸化することを特徴としている。

【0052】

上記実施形態によれば、上記p型  $\text{Al}_v\text{Ga}_{1-v}\text{As}$  コンタクト層を有機金属気相成長法で形成する前に、水蒸気を含む気体に曝して上記p型  $(\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p})_q\text{In}_{1-q}\text{P}$  中間バンドギャップ層の表面を酸化するので、水蒸気を含む気体の雰囲気中に曝すだけの簡便な処理で、上記酸化物層を形成することができて、より確実に電流非注入領域の形成を図ることができる。

【0053】

【発明の実施の形態】

以下、本発明を図示の実施の形態により詳細に説明する。

【0054】

尚、以下の実施の形態において、

$(\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x})_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ,  $0 \leq y \leq 1$ ) を  $\text{AlGaInP}$  と、  
 $\text{Ga}_y\text{In}_{1-y}\text{P}$  ( $0 \leq y \leq 1$ ) を  $\text{GaInP}$  と、  
 $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0 \leq x \leq 1$ ) を  $\text{AlGaAs}$  と  
 夫々記載する場合がある。

【0055】

(第1実施形態)

図1(A)～図2(C)は、本発明の第1実施形態の半導体レーザ装置が製造される過程を示す斜視図である。

【0056】

以下に、第1実施形態の半導体レーザ装置およびその製造方法について説明する。

【0057】

先ず、図1(A)に示すように、分子線エピタキシ法(以下、MBE法という)で、n型GaAs基板100上に、n型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  下クラッド層101(厚さ  $1.5\mu\text{m}$ 、キャリア濃度  $1 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ )と、4つの

アンドープ ( $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}$ )  $0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$  層の 3 つの間に 3 つのアンドープ  $\text{GaInP}$  層 (厚さ  $6\text{ nm}$ ) を挿入した活性層 102 と、 $\text{p}$  型 ( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ )  $0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$  第 1 上クラッド層 103 ( $0.2\text{ }\mu\text{m}$ 、 $1.0 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) と、 $\text{p}$  型  $\text{Ga}_{0.6}\text{In}_{0.4}\text{P}$  エッチングストップ層 104 ( $8\text{ nm}$ 、 $1.0 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) と、 $\text{p}$  型 ( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ )  $0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$  上クラッド層 105 ( $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 、 $1.3 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) と、 $\text{p}$  型  $\text{GaInP}$  中間バンドギャップ層 106 ( $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、 $3 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) と、 $\text{p}$  型  $\text{GaAs}$  キャップ層 107 ( $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 、 $3 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) とを順次形成する。

## 【0058】

ここで、上記  $\text{p}$  型 ( $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}$ )  $0.5\text{In}_{0.5}\text{P}$  上クラッド層 105 ( $0.8\text{ }\mu\text{m}$ 、 $1.3 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) に、 $\text{p}$  型  $\text{GaInP}$  中間バンドギャップ層 106 ( $0.1\text{ }\mu\text{m}$ 、 $3 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) と  $\text{p}$  型  $\text{GaAs}$  キャップ層 107 ( $0.3\text{ }\mu\text{m}$ 、 $3 \times 10^{18}\text{ cm}^{-3}$ ) とを形成する工程は、中間バンドギャップ層およびキャップ層形成工程の一例となっている。

## 【0059】

尚、この第 1 実施形態の半導体レーザ装置では、 $\text{n}$  型ドーパントは  $\text{Si}$  であり、 $\text{p}$  型ドーパントは  $\text{Be}$  となっている。

## 【0060】

次に、図 1 (B) に示すように、キャップ層 107 上に、レーザ光出射端面 450, 451 を形成する領域に沿ってストライプ状に不純物拡散源としての  $\text{ZnO}$  (酸化亜鉛) 層 131 を形成し、更に、キャップ層 107 と  $\text{ZnO}$  層 131 上の全域に  $\text{SiO}_2$  (酸化シリコン) 層 132 を形成する。

## 【0061】

次に、 $520^\circ\text{C}$  で 2 時間のアニールを行って、 $\text{ZnO}$  層 131 からキャップ層 107 と上クラッド層 105 のレーザ光出射端面 450, 451 側の領域に  $\text{Zn}$  を拡散する。これにより、 $\text{ZnO}$  層 131 の下にある活性層 102 の量子井戸活性層とバリア層の混晶化を行い、活性層 102 の窓領域 102B を形成する。尚、この第 1 実施形態の半導体レーザ装置では、 $\text{ZnO}$  層 131 を、後にレーザ光出射面 (前端面) およびレーザ光反射面 (後端面) となる部分 450, 451 から夫々 3

0  $\mu$  mの幅になるように設けている。

#### 【 0 0 6 2 】

次に、図 1 (C) に示すように、バッファードフッ酸でSiO<sub>2</sub>層 1 3 2 とZnO層 1 3 1 を除去した後、p型GaAsキャップ層 1 0 7、p型GaInP中間バンドギャップ層 1 0 6 およびp型 (Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P第 2 上クラッド層 1 0 5 をエッチングストップ層 1 0 4 が露出するまでストライプ状にエッチングし、リッジストライプ 1 1 5 を形成する。

#### 【 0 0 6 3 】

次に、図 2 (A) に示すように、エッチングストップ層 1 0 4 の上に、リッジストライプ部 1 1 5 の側面に接するようにn型Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P電流阻止層 1 2 0 をMBE法で形成する。

#### 【 0 0 6 4 】

次に、図 2 (B) に示すように、キャップ層除去工程と酸化物層形成工程を行う。すなわち、レジスト (図示せず) で電流注入領域 A (両出射端面より 3 0  $\mu$  m以上の距離を有する領域) をカバーし、電流非注入領域 B (出射端面より 3 0  $\mu$  mより小さい距離を有する領域) を、アンモニアと過酸化水素水と水の比率が、アンモニア : 過酸化水素水 : 水 = 2 0 : 3 0 : 5 0 で、2 0℃の温度を有する混合溶液で 3 0 秒エッチングすることにより、電流非注入領域 B のp型GaAsキャップ層 1 0 7 のカバーされなかった領域を除去する。その際、p型GaAsキャップ層 1 0 7 のカバーされなかった領域が除去されたことによって露出することになるp型GaInP中間バンドギャップ層 1 0 6 の露出面は、エッチングされないが、過酸化水素水の作用により酸化される。これにより、上記p型GaInP中間バンドギャップ層の露出面に酸化物層 1 0 6 A を形成する。尚、このキャップ層除去工程と酸化物層形成工程において、n型Al<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P電流阻止層 1 2 0 は、上記エッチャントによってエッチングされず形状が保たれる。

#### 【 0 0 6 5 】

最後に、図 2 (C) に示すコンタクト層形成工程を行う。すなわち、上記キャップ層除去工程で除去されなかったp型Al<sub>u</sub>Ga<sub>1-u</sub>Asキャップ層 1 0 7 上と、上記酸化物層形成工程において形成された酸化物層 1 0 6 A 上に、p型GaAsコン

タクト層 1 2 5 (厚さ  $4 \mu\text{m}$ ) を MBE 法によって半導体レーザ装置の表面全域に形成する。この際、基板温度を  $620^\circ\text{C}$  とした。この基板温度では、p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 上のある程度の酸素が除去されずに残ることになる。

#### 【 0 0 6 6 】

引き続いて、図 3 に示すように、n 側電極 1 2 2 と p 側電極 1 2 3 を形成し、半導体レーザ装置を窓領域で共振器長  $900 \mu\text{m}$  に劈開し、レーザ光出射部端面に 6 % 程度の低反射率反射膜 1 2 6 のコーティングを行うと共に、レーザ光出射部と反対側の端面に 9 0 % 程度の高反射率反射膜 1 2 7 のコーティングを行って、第 1 実施形態の半導体レーザ装置を完成させる。尚、図 3 においては、図 1 および図 2 と同一な層に同一参照番号を付している。

#### 【 0 0 6 7 】

上記半導体レーザ装置は、波長  $658 \text{ nm}$  で発振し、CW (Continuous Wave) 最大出力として  $165 \text{ mW}$  が得られた。また、 $70^\circ\text{C}$  パルス  $100 \text{ mW}$  (パルス幅  $100 \text{ ns}$ 、デューティー 5 0 %) での動作において、平均で 5 0 0 0 時間以上の寿命が得られた。なお、電流非注入構造だけ設け、窓構造を省略した比較用半導体レーザ装置においては、CW 最大出力として  $132 \text{ mW}$  が得られたが、発振閾値電流近くで電流・光出力特性のスイッチング現象が生じ、かつ、低出力動作時のノイズが増大した。尚、スイッチング現象が生じると低出力動作が不安定になるので、書き込むときに高出力動作を行うと共に、読み込むときに低出力動作を行う光ディスク用レーザとしては適さないが、高出力動作のみを行う光ディスク用レーザとしては使用することができる。

#### 【 0 0 6 8 】

次に、第 1 実施形態の半導体レーザ装置の電流非注入構造の作用効果を裏付けるため、2 次イオン質量分析法 (SIMS : Secondary Ion Mass Spectroscopy) により、半導体レーザ装置の基板に垂直な方向の酸素密度の測定を行った。

#### 【 0 0 6 9 】

図 4 は、リッジ幅を  $900 \mu\text{m}$  と広くしたときの電流注入領域 A および電流非注入領域 B に相当する部分の 2 次イオン質量分析法の測定結果である。図 4 に実



線で示す電流非注入領域Bには、p型GaInP中間バンドギャップ層106とキャップ層107の間に、 $3 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 程度の大きな酸素密度を有する界面が存在しており、この界面が電流非注入領域Bの深くまで電流が浸入するのを阻止している。一方、図4に点線で示す電流注入領域Aの最大の界面の酸素濃度は、キャップ層107とコンタクト層125の界面の酸素密度であり、高々 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 程度である。したがって、電流注入領域Aにおいては、電流を阻止する役割を果たす界面が低くて、電流が円滑に流れるようになっている。

## 【0070】

更に、上記半導体レーザ装置の電流非注入構造の効果を確認するため、共振器長 $900 \mu\text{m}$ 全体が電流注入領域Aのみからなる半導体レーザ装置と、共振器長 $900 \mu\text{m}$ 全体が電流非注入領域Bのみからなる半導体レーザ装置とを作成すると共に、これらの半導体レーザ装置の電圧－電流特性を測定した。図5に、半導体レーザ装置の電流－電圧特性結果を示す。図5に示すように、電流注入領域Aのみからなる通常の半導体レーザ装置では、 $177 \text{ mA}$ の電流が流れたときの動作電圧が $2.9 \text{ V}$ であったのに対し、電流非注入領域Bのみからなる半導体レーザ装置では、わずか $10 \text{ mA}$ の電流を流すのに、 $4.2 \text{ V}$ もの電圧を有し、電流非注入領域Bのみからなる半導体レーザ装置に良好な電流非注入構造が形成されていることがわかる。

## 【0071】

また、図5に示す電流非注入領域B(2)は、p型コンタクト層の形成条件を変更して、電流非注入領域Bにおけるp型GaInP中間バンドギャップ層とキャップ層の界面の酸素濃度を、2次イオン質量分析法での測定で $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ としたときの半導体レーザ装置の電圧－電流特性である。この半導体レーザ装置は、電圧 $3 \text{ V}$ での電流が $9 \text{ mA}$ と小さく、十分に電流非注入効果を有している。

## 【0072】

また、図5に示す電流注入領域A(2)は、p型コンタクト層の形成条件を更に変更して、電流注入領域Aにおけるキャップ層とコンタクト層の界面の酸素密度および中間バンドギャップ層とキャップ層の界面の酸素濃度を、2次イオン質量分析法での測定で $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ としたときの半導体レーザ装置の電圧

ー電流特性である。この半導体レーザ装置は、光出力 1 0 0 mW が得られる動作電流 1 7 6 mA での電圧が 3 . 2 V であり、製品として利用できる条件である動作電圧 3 . 3 V 以下の条件を満たしている。

## 【 0 0 7 3 】

上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置によれば、p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 表面上のレーザ光出射端面側の電流非注入領域 B に酸化物層 1 0 6 A が形成されるので、この酸化物層 1 0 6 A の形成によって電流非注入領域 B における p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 を除去しなくても十分な電流非注入効果を得ることができる。したがって、電流非注入領域 B において p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 を除去せずに残すことができるので、従来の半導体レーザ装置のように電流非注入領域の p 型 GaInP 中間バンドギャップ層をエッチングするとき、同時に p 型 AlGaInP クラッド層がエッチングされることがなくて、電流非注入領域 B における p 型 AlGaInP 上クラッド層 1 0 5 の厚さを、p 型 AlGaInP 上クラッド層 1 0 5 が形成された状態に維持することができる。したがって、レーザ光を活性層 1 0 2 に閉じ込める機能が低下することがないので、出射端面近傍での光の吸収を抑えてレーザ光の出射出力の低下を防止することができる。

## 【 0 0 7 4 】

また、電流非注入領域 B において p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 が除去されずに残っているので、リッジを形成する p 型 AlGaInP 上クラッド層 1 0 5 がエッチングされることがない。したがって、p 型 AlGaInP 上クラッド層 1 0 5 のリッジ形状が湾曲変形することがなくて、このリッジ形状を意図した形状に保つことができるので、レーザ光出射端面近傍での光の吸収を抑制して、レーザ光の出射出力の低下を防止することができる。

## 【 0 0 7 5 】

また、電流非注入領域を、プロトン注入法等の技術を用いずに形成するので、半導体レーザ装置の結晶に欠陥が生じることを防止できる。

## 【 0 0 7 6 】

また、電流非注入領域 B における p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 と p 型 AlGaAs コンタクト層 1 2 5 との界面に形成された酸化物層 1 0 6 A の酸素濃度

( $3.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  程度) は、電流注入領域 A における p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 106 と p 型 AlGaAs キャップ層 107 との界面における酸素濃度 ( $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度) よりも大きく、かつ、p 型 AlGaAs キャップ層 107 と p 型 AlGaAs コンタクト層 125 との界面における酸素濃度 ( $3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度) よりも大きいので、電流非注入領域 B における p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 106 と p 型 AlGaAs コンタクト層 125 との界面での電流の流れが、電流注入領域 A における p 型 AlGaAs キャップ層 107 と p 型 AlGaAs コンタクト層 125 との界面での電流の流れよりも小さく、かつ、p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 106 と p 型 AlGaAs キャップ層 107 との界面での電流の流れよりも小さくなる。したがって、電流非注入領域 B における p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 106 と p 型 AlGaAs コンタクト層 125 との界面で電流の流れを確実に遮断でき、大きな電流非注入効果を得ることができる。

【0077】

また、電流注入領域 A における p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層と p 型 AlGaAs コンタクト層の界面に形成された酸化層 106A の酸素濃度を、 $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  以上 (この実施形態例では、 $3.0 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  程度) にしているので、図 5 に示すように電流非注入領域 B に電流が流れることを十分に阻止でき、十分な電流非注入効果を得ることができる。

【0078】

また、電流注入領域 A における p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 106 と p 型 AlGaAs キャップ層 107 との界面の酸素濃度 ( $1.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度) を  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以下にすると共に、電流注入領域 A における p 型 AlGaAs キャップ層 107 と p 型 AlGaAs コンタクト層 125 との界面の酸素濃度 ( $3.0 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$  程度) も  $1 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$  以下にしているので、図 5 に示すように、電流注入領域 A に電流が流れることが、上記二つの界面によって妨げられることがない。したがって、レーザ光を生成するために電流の供給が必要な電流注入領域 A に十分な電流を供給することができる。

【0079】

また、上記電流非注入領域 B に対応する活性層 102 内を混晶化して、この混

晶化を行った活性層 1 0 2 内にバンドギャップエネルギーが大きい窓領域 1 0 2 B を形成したので、レーザ光の最大出力を向上させることができると共に、窓領域を設けず電流非注入構造のみを用いたときに生じる電流・光出力特性のスイッチングを防止でき、かつ、低出力時のノイズの増大も防止できる。したがって、上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置を、低出力動作と高出力動作を共に行うことができる光ディスク用半導体レーザ装置に適用することができる。尚、上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置では、電流非注入領域 B に対応する活性層 1 0 2 内の全領域を混晶化したが、活性層 1 0 2 内の混晶化する部分は、電流非注入領域 B に対応する活性層 1 0 2 の領域におけるレーザ光出射端面側の領域であっても良い。また、活性層 1 0 2 内の混晶化する部分は、電流非注入領域 B に対応する活性層 1 0 2 の全領域の部分に、この電流非注入領域 B に対応する活性層 1 0 2 の全領域に隣接すると共に、電流注入領域 A に対応する活性層 1 0 2 の領域の一部分を加えた部分であっても良い。

## 【 0 0 8 0 】

また、上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法によれば、キャップ層除去工程の後、酸化物層形成工程で、このキャップ層除去工程によって露出させられた p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 1 0 6 上に、酸化物層 1 0 6 A を形成することによって電流非注入領域 B を適切に形成できる。したがって、この酸化物層 1 0 6 A によって、電流非注入領域 B へ電流が流れることを確実に阻止して、電流非注入領域 B の良好な電流非注入特性を確保できる。

## 【 0 0 8 1 】

また、キャップ層除去工程でキャップ層 1 0 7 が除去されていない電流注入領域 A に、連続成長の良好な界面を形成できるので、電流注入領域 A には低い電圧で電流が流れるようにすることができる。したがって、電流注入領域 A の良好な電流注入特性を確保できる。

## 【 0 0 8 2 】

また、p 型 AlGaAs コンタクト層 1 2 5 を、M B E 法で形成するので、水素等の還元性を有するガスが用いられることがない。したがって、電流非注入領域 B の酸化物層 1 0 6 A が水素等の還元作用で除去されることがなく、n 型 GaAs 基板 1

00の温度が低い状態でも、電流非注入領域Bの表面に確実に酸化物層106Aを形成することができる。

## 【0083】

また、p型AlGaAsコンタクト層125を分子線エピタキシ法で形成する前に、過酸化水素水を含む溶液を用いてp型AlGaInP中間バンドギャップ層106の表面を酸化させたので、液体に浸漬するだけの簡便な処理で、酸化物層106Aを形成することができて、より確実に電流非注入領域Bを形成することができる。

## 【0084】

尚、上記第1実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、アンモニアと過酸化水素と水を混同させた混合溶液を用いて30秒のエッチング時間でp型GaAsキャップ層107の除去およびp型GaInP中間バンドギャップ層106表面の酸化を行ったが、硫酸と過酸化水素と水を混合させた混合溶液を用いてエッチングをしても類似の結果が得られる（例えば、溶液の混合比を硫酸：過酸化水素：水＝1：8：8とし、混合溶液の温度を20℃にしたときには、2分のエッチング時間を要する）。

## 【0085】

また、アンモニアと過酸化水素と水を混合させた混合溶液を用いて30秒のエッチング時間でp型GaAsキャップ層107の除去およびp型GaInP中間バンドギャップ層106表面の酸化を行ったが、p型GaAsキャップ層107除去後もこの溶液に浸漬し続けるように、比較的長い時間エッチング（例えば、アンモニアと過酸化水素水と水との混合比がアンモニア：過酸化水素水：水＝20：30：50で、温度が20℃の混合溶液の場合、3分のエッチング）を行っても良く、この場合、酸化物層を確実に形成できる。

## 【0086】

また、上記第1実施形態の半導体レーザ装置の製造方法のコンタクト層のMBE成膜条件を、例えば、n型GaAs基板の温度を上げることによって変化させることもできるが、この場合、十分な電流非注入効果を保つため、紫外線により酸素オゾンを発生させてp型GaInP中間バンドギャップ層の表面の酸化を行っても良いし、あるいはプラズマ状の酸素イオンあるいは活性酸素（酸素ラジカル）を用い

てp型GaInP中間バンドギャップ層の表面の酸化を行っても良い。また、基板温度を例えば400℃～600℃の高温にすると共に、水蒸気を用いることによってp型GaInP中間バンドギャップ層の表面の酸化を行っても良い。

【0087】

尚、上記第1実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、コンタクト層125の成膜方法としてMBE法を用いたが、これは、MBE法においては還元性がある水素ガスが使用されず、かつ、n型GaAs基板100の温度も比較的低温（650℃以下）であるため、電流非注入領域Bに形成された酸化物層106Aが除去されにくいためである。

【0088】

（第2実施形態）

図6（A）～図7（C）は、本発明の第2実施形態の半導体レーザ装置が製造される過程を示す斜視図である。

【0089】

以下に、第2実施形態の半導体レーザ装置およびその製造方法について説明する。

【0090】

この第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、p型AlGaAsコンタクト層を成長させるのに有機金属気相成長法（以下、MOCVD法という）を用いている。MOCVD法の場合、還元性がある水素の雰囲気には曝すと共に、基板温度も高くなるため酸化物層を除去する働きが強くなるが、この第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、酸化物層形成工程を2段階で構成して、第1実施形態の半導体レーザ装置の製造方法の過酸化水素水を用いた1段階目の酸化物層形成工程に、酸素オゾンを用いた2段階目の酸化物層形成工程を付加することにより、十分な電流非注入効果が得られるようにしている。

【0091】

以下に、第2実施形態の半導体レーザ装置の製造工程を順に説明する。

【0092】

先ず、図6（A）に示すように、n型GaAs基板200上に、MOCVD法を用

いて、n型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  下クラッド層 201 (厚さ  $1.5\ \mu\text{m}$ 、キャリア濃度  $0.7 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) と、4つのアンドープ  $(\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  層の間に3つのアンドープ  $\text{GaInP}$  層 (厚さ  $6\ \text{nm}$ ) を挿入した活性層 202 と、p型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  第1上クラッド層 203 ( $0.2\ \mu\text{m}$ 、 $0.8 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) と、p型  $\text{Ga}_{0.6}\text{In}_{0.4}\text{P}$  エッチングストップ層 204 ( $8\ \text{nm}$ 、 $0.8 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) と、p型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  上クラッド層 205 ( $0.8\ \mu\text{m}$ 、 $1.0 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) と、p型  $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  中間バンドギャップ層 206 ( $0.1\ \mu\text{m}$ 、 $2 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) と、p型  $\text{GaAs}$  キャップ層 207 ( $0.3\ \mu\text{m}$ 、 $2 \times 10^{18}\ \text{cm}^{-3}$ ) とを順次形成する。上記p型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  上クラッド層 205 に、p型  $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  中間バンドギャップ層 206 と、p型  $\text{GaAs}$  キャップ層 207 とを形成する工程は、バンドギャップ層およびキャップ層形成工程の一例となっている。尚、この第2実施形態の半導体レーザ装置では、n型ドーパントはSiであり、p型ドーパントはZnとなっている。

## 【0093】

次に、図6(B)に示すように、キャップ層 207 上に、レーザ光出射端面 550, 551 を形成する領域に沿ってストライプ状に不純物拡散源としての  $\text{ZnO}$  層 231 を形成し、更に、キャップ層 207 上と  $\text{ZnO}$  層 231 上の全域に  $\text{SiO}_2$  層 232 を形成する。

## 【0094】

次に、 $520^\circ\text{C}$  で2時間のアニールを行って、 $\text{ZnO}$  層 231 からキャップ層 207 と上クラッド層 205 のレーザ光出射端面 550, 551 側の領域にZnを拡散する。これにより、 $\text{ZnO}$  層 231 の下にある活性層 202 の量子井戸活性層とバリア層の混晶化を行い、活性層 202 の窓領域 202B を形成する。

## 【0095】

次に、図6(C)に示すように、バッファードフッ酸で  $\text{SiO}_2$  層 232 と  $\text{ZnO}$  層 231 を除去し、p型  $\text{GaAs}$  キャップ層 207、p型  $\text{GaInP}$  中間バンドギャップ層 206 およびp型  $(\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  第2上クラッド層 205 をエッ

チングストップ層 204 が露出するまでストライプ状にエッチングし、リッジストライプ 215 を形成する。

【0096】

次に、図 7 (A) に示すように、エッチングストップ層 204 の上に、リッジストライプ部 215 の側面に接するように  $n$  型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  電流阻止層 220 を MOCVD 法で形成する。

【0097】

次に、図 7 (B) に示すように、キャップ層除去工程と酸化物層形成工程を行う。この第 2 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法は、第 1 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法とは異なり、酸化物層形成工程を以下に示すように二段階で構成する。すなわち、レジスト（図示せず）で電流注入領域 A（両出射端面より一定以上の距離を有する領域）をカバーし、電流非注入領域 B（電流注入領域 A に連なる出射端面側の領域）を、アンモニアと過酸化水素水と水の比率が、アンモニア：過酸化水素水：水 = 20 : 30 : 50 で、20℃ の温度を有する混合溶液で 30 秒エッチングして、電流非注入領域 B の  $p$  型 GaAs キャップ層 207 を除去する。この電流非注入領域 B の  $p$  型 GaAs キャップ層 207 を除去する工程は、キャップ層除去工程の一例となっている。このキャップ層除去工程を行う際、 $p$  型 GaAs キャップ層 207 が除去されることによって露出することになる  $p$  型 ( $\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}$ )  $_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  中間バンドギャップ層 206 の露出面は、エッチングされないが、過酸化水素水の作用により酸化される。これにより、上記  $p$  型  $\text{AlGaInP}$  中間バンドギャップ層 206 の露出面に酸化物層 206A の一部を形成する。この酸化物層 206A の一部を形成する工程は、一段階目の酸化物層形成工程となっている。尚、このキャップ層除去工程と一段階目の酸化物層形成工程において、 $n$  型  $\text{Al}_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$  電流阻止層 220 は、上記エッチャントによってエッチングされず形状が保たれる。

【0098】

上記キャップ層除去工程と一段階目の酸化物層形成工程の後、本第 2 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、酸素雰囲気下で紫外線を照射することによりオゾンが発生させる装置を使用して、半導体レーザ装置の表面全体を 1 時間オ



ゾン雰囲気中に曝し酸化させる。その後、電流非注入領域 B をレジストで覆い、電流注入領域 A の酸化物層の除去を、硫酸と過酸化水素と水を混同した混合溶液で行う。このオゾンが発生させる装置を使用して、半導体レーザ装置の表面全体を 1 時間オゾン雰囲気中に曝し酸化させる工程は、二段階目の酸化物層形成工程となっている。そして、上記二段階で構成された酸化物層形成工程で、上記 p 型 AlGaInP 中間バンドギャップ層 2 0 6 の露出面に酸化物層 2 0 6 A を形成する。

## 【 0 0 9 9 】

最後に、図 7 (C) に示すコンタクト層形成工程で、p 型 GaAs コンタクト層 2 2 5 (厚さ  $4 \mu\text{m}$ ) を減圧 MOCVD 法によって第 2 実施形態の半導体レーザ装置の表面全域に形成する。キャリアガスとしては水素を用い、原料として TMGa (トリメチルガリウム) と  $\text{AsH}_3$  (アルシン) を流す。この際、基板温度を  $700^\circ\text{C}$  とした。この基板温度では、p 型 GaInP 中間バンドギャップ層 2 0 6 上の酸素はある程度除去されるものの、上記のようにオゾン処理を使用する二段階目の酸化物層形成工程を行ったため、酸化物層 2 0 6 A は、良好な電流非注入特性を示す  $1 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$  程度の酸素濃度を有したままになっている。

## 【 0 1 0 0 】

最後に、図 8 に示すように、n 側電極 2 2 2、p 側電極 2 2 3 を形成し、第 2 実施形態の半導体レーザ装置を窓領域で共振器長  $900 \mu\text{m}$  に劈開し、レーザ光出射部端面に 6 % 程度の低反射率反射膜 2 2 6、レーザ光出射部と反対側の端面に 9 0 % 程度の高反射率反射膜 2 2 7 のコーティングを行うことにより、第 2 実施形態の半導体レーザ装置を完成させる。尚、図 8 においては、図 6 および図 7 と同一の層に同一参照番号を付している。

## 【 0 1 0 1 】

更に、上記第 2 実施形態の半導体レーザ装置の電流非注入構造の効果を確認するため、第 2 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法においても第 1 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法と同様に、共振器長  $900 \mu\text{m}$  全体が電流注入領域 A のみからなる半導体レーザ装置と、共振器長  $900 \mu\text{m}$  全体が電流非注入領域 B のみの半導体レーザ装置とを作成すると共に、これらの半導体レーザ装置の電圧-電流特性を測定した。図 9 に、第 2 実施形態の半導体レーザ装置の電圧-電

圧特性結果を示す。

【0102】

図9に示すように、第2実施形態の半導体レーザ装置においても、第1実施形態の半導体レーザ装置と同様に、図9に実線で示す電流注入領域Aのみからなる半導体レーザ装置は、良好な電流注入特性を、また、図9に点線で示す電流非注入領域Bのみからなる半導体レーザ装置は、良好な電流非注入特性を有している。

【0103】

上記第2実施形態の半導体レーザ装置によれば、第1実施形態の半導体レーザ装置とは異なり、中間バンドギャップ層の組成比を $(\text{Al}_{0.1}\text{Ga}_{0.9})_{0.5}\text{In}_{0.5}\text{P}$ とした。これは、Al組成を加えることにより、中間バンドギャップ層206の表面上の酸化を促進でき、還元性があるMOCVD成膜を用いても、酸化物層206Aを安定に形成できるからである。中間バンドギャップ層は、バンドギャップをp型クラッド層とp型キャップ層の中間にする必要があることから、Al組成比をあまり多くすると電流注入領域Aでの電流注入が阻害されて望ましくなく、Al組成比を0.4以下に好ましくは0.1以下にすることが望ましい。

【0104】

尚、上記第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、p型AlGaAsコンタクト層225を、還元性ガスである水素を用いるMOCVD法で形成したが、過酸化水素水等を使った表面酸化方法と併用したり、有機金属気相成長法を行うときの条件（基板の温度等）を変更することにより、有機金属気相成長法においても十分な酸化物層を形成でき、これにより電流非注入領域Bに十分な電流非注入構造を形成することができる。

【0105】

また、上記第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、過酸化水素を用いた表面酸化とオゾンを用いた表面酸化とを併用したが、かならずしも併用する必要はない。

【0106】

また、上記第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、紫外線により酸

素オゾンが発生させて表面酸化を行ったが、プラズマ状の酸素イオンあるいは活性酸素（酸素ラジカル）を用いて表面酸化を行っても良い。

【0107】

また、上記第2実施形態の半導体レーザ装置の製造方法では、中間バンドギャップ層の表面酸化の方法として、紫外線により酸素オゾンが発生させる方法を用いたが、バンドギャップ層の表面酸化の方法として、中間バンドギャップ層の表面酸化の方法として、基板温度を例えば400℃～600℃にすると共に、水蒸気を用いる方法を採用しても良い。

【0108】

【発明の効果】

以上より明らかなように、この発明の半導体レーザ装置は、上記p型 ( $\text{Al}_p\text{Ga}_{1-p}\text{In}_{1-q}\text{P}$ ) 中間バンドギャップ層表面上のレーザ光出射端面側の電流非注入領域に、酸化物層を形成することによって電流非注入領域を形成しているので、従来の半導体レーザ装置とは異なり、電流非注入領域においてp型GaInP中間バンドギャップ層が残ったままになっている。したがって、電流非注入領域のp型GaInP中間バンドギャップ層をエッチングするとき、同時にp型AlGaInPクラッド層がエッチングされることがなくて、p型AlGaInPクラッド層の厚さが電流非注入領域において減少することがないので、レーザ光を活性層に閉じ込める機能が低下することを抑制できて、出射端面近傍での光の吸収を抑えてレーザ光の出射出力の低下を防止することができる。

【0109】

また、この発明の半導体レーザ装置によれば、電流非注入領域においてp型GaInP中間バンドギャップ層が除去されずに残っているので、リッジを形成するp型AlGaInPクラッド層がエッチングされることがなくて、p型AlGaInPクラッド層のリッジ形状が湾曲変形することがない。したがって、このリッジ形状を意図した形状に保つことができるので、レーザ光出射端面近傍での光の吸収を抑制して、レーザ光の出射出力の低下を防止することができる。

【0110】

また、この発明の半導体レーザ装置によれば、電流非注入領域を、プロトン注

入法等の技術を用いずに形成したので、半導体レーザ装置の結晶に欠陥が生じることを防止できる。

【 0 1 1 1 】

また、この発明の半導体レーザ装置の製造方法によれば、キャップ層除去工程で露出させられた上記p型AlGaInP中間バンドギャップ層上に、酸化物層形成工程で、結晶的に不連続な界面である酸化物層を適切に形成して、電流非注入領域を適切に形成できる。したがって、この酸化物層によって、電流非注入領域へ電流が流れることを確実に阻止して、電流非注入領域の良好な電流非注入特性を確保できる。

【 0 1 1 2 】

また、キャップ層除去工程でキャップ層がエッチングされない電流注入領域に、連続成長の良好な界面を形成できるので、上記電流注入領域には低い電圧でも電流を流すことができる。

【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の第 1 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法を説明する図である。

【図 2】 図 1 (C) に続く半導体レーザ装置の製造方法を説明する図である。

【図 3】 上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法で製造された本発明の第 1 実施形態の半導体レーザ装置の斜視図である。

【図 4】 上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置の電流注入領域 A および電流非注入領域 B の酸素濃度を示す図である。

【図 5】 上記第 1 実施形態の半導体レーザ装置の電圧－電流特性を示す図である。

【図 6】 本発明の第 2 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法を説明する図である。

【図 7】 図 6 (C) に続く半導体レーザ装置の製造方法を説明する図である。

【図 8】 上記第 2 実施形態の半導体レーザ装置の製造方法で製造された本

発明の第 2 実施形態の半導体レーザ装置の斜視図である。

【図 9】 上記第 2 実施形態の半導体レーザ装置の電圧－電流特性を示す図である。

【図 1 0】 従来の第 1 の半導体レーザ装置の斜視図である。

【図 1 1】 上記第 1 の半導体レーザ装置の電圧－電流特性を示す図である。

【図 1 2】 上記第 1 の半導体レーザ装置の半導体接合界面によって電流が流れにくくなることを説明する図である。

【図 1 3】 上記第 1 の半導体レーザ装置の電流非注入領域の模式断面図である。

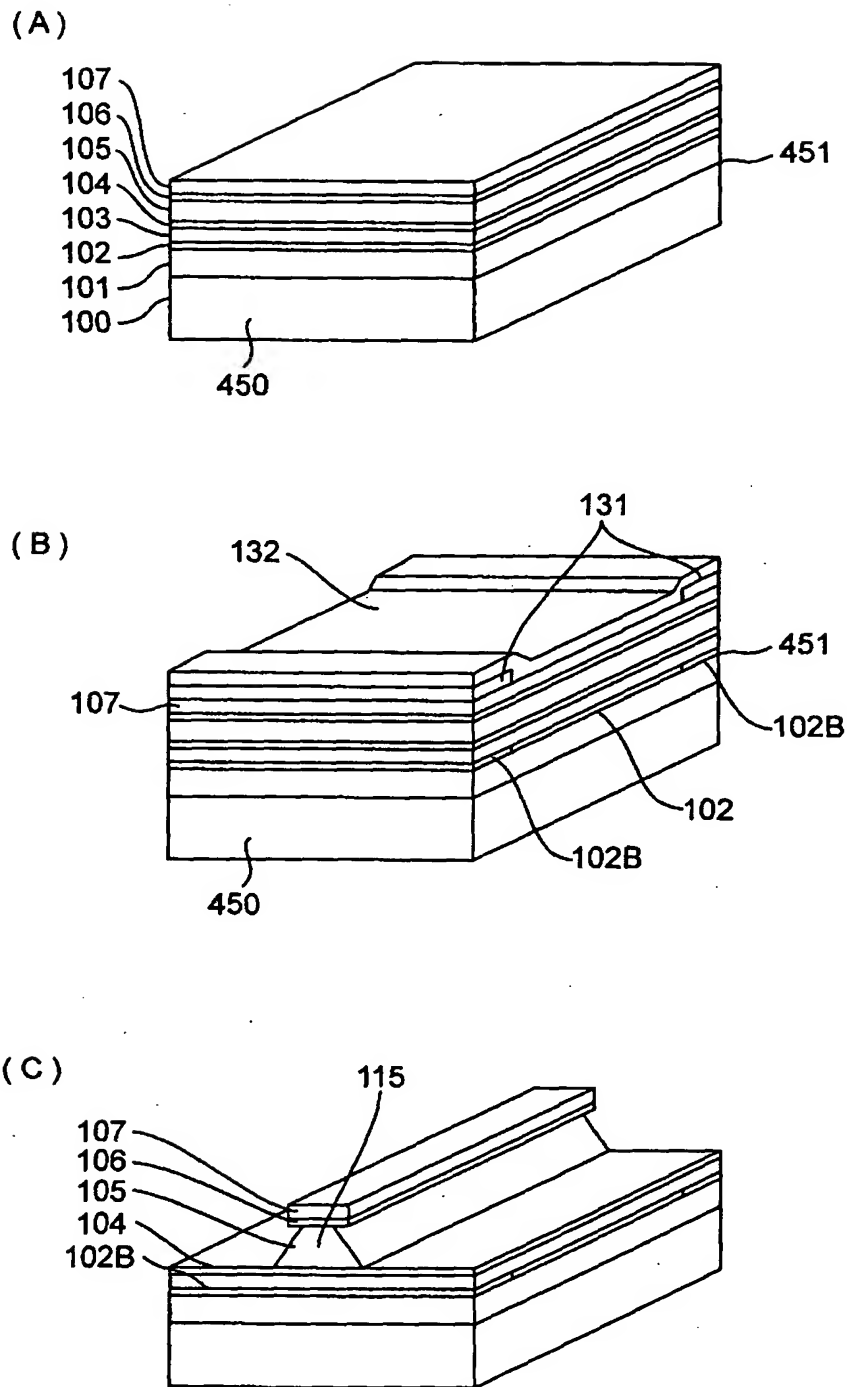
【図 1 4】 従来の第 2 の半導体レーザ装置の斜視図である。

【符号の説明】

- 1 0 0 , 2 0 0 基板
- 1 0 1 , 2 0 1 下クラッド層
- 1 0 2 , 2 0 2 活性層
- 1 0 2 B , 2 0 2 B 窓領域
- 1 0 3 , 2 0 3 第 1 上クラッド層
- 1 0 4 , 2 0 4 エッチングストップ層
- 1 0 5 , 2 0 5 上クラッド層
- 1 0 6 , 2 0 6 中間バンドギャップ層
- 1 0 6 A , 2 0 6 A 酸化物層
- 1 0 7 , 2 0 7 キャップ層
- 1 2 5 , 2 2 5 コンタクト層
- A 電流注入領域
- B 電流非注入領域

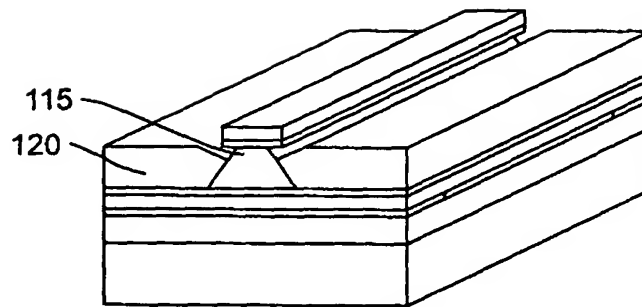
【書類名】 図面

【図 1】

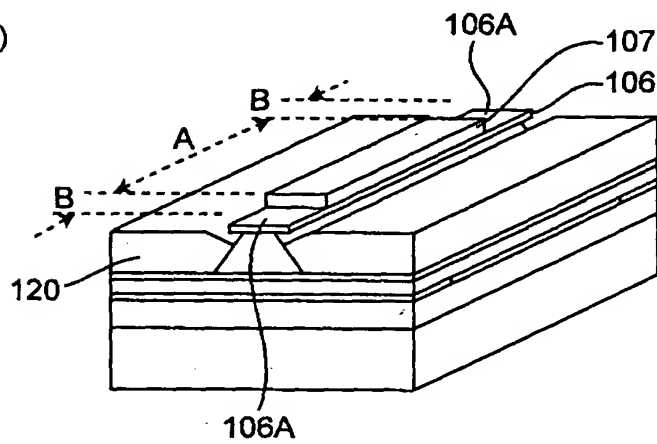


【図 2】

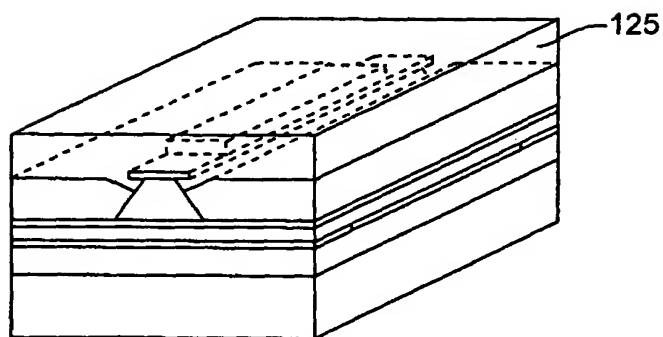
(A)



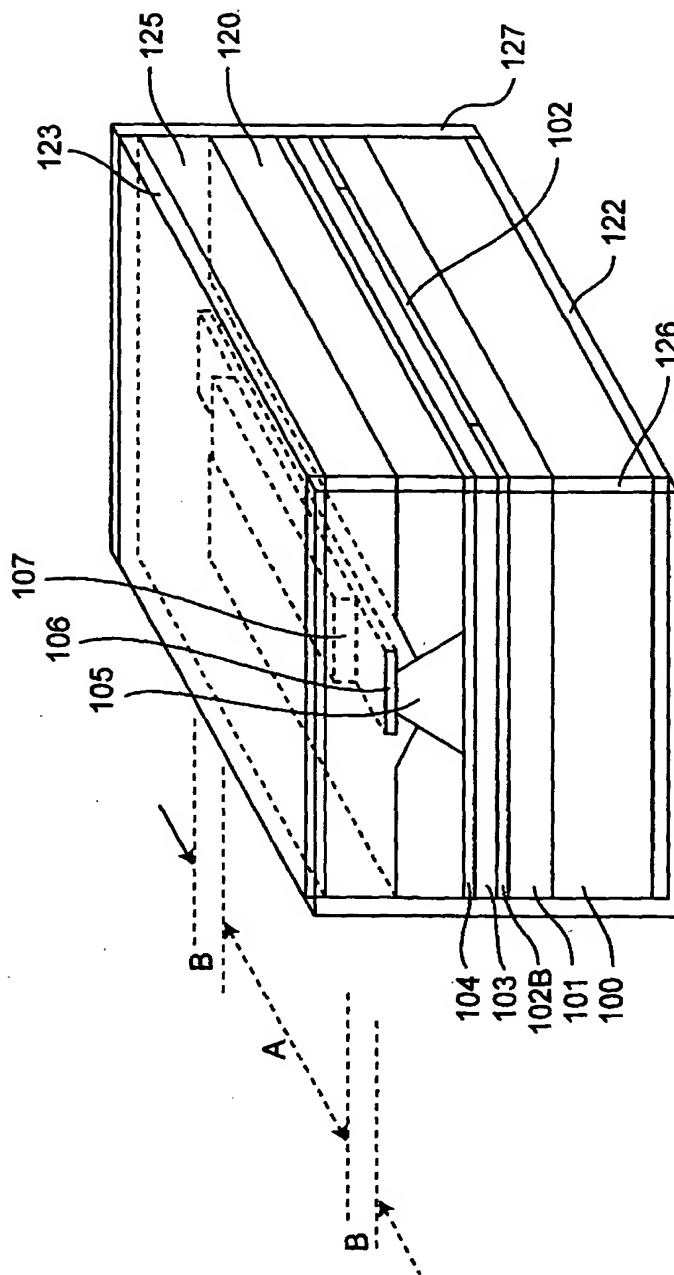
(B)



(C)

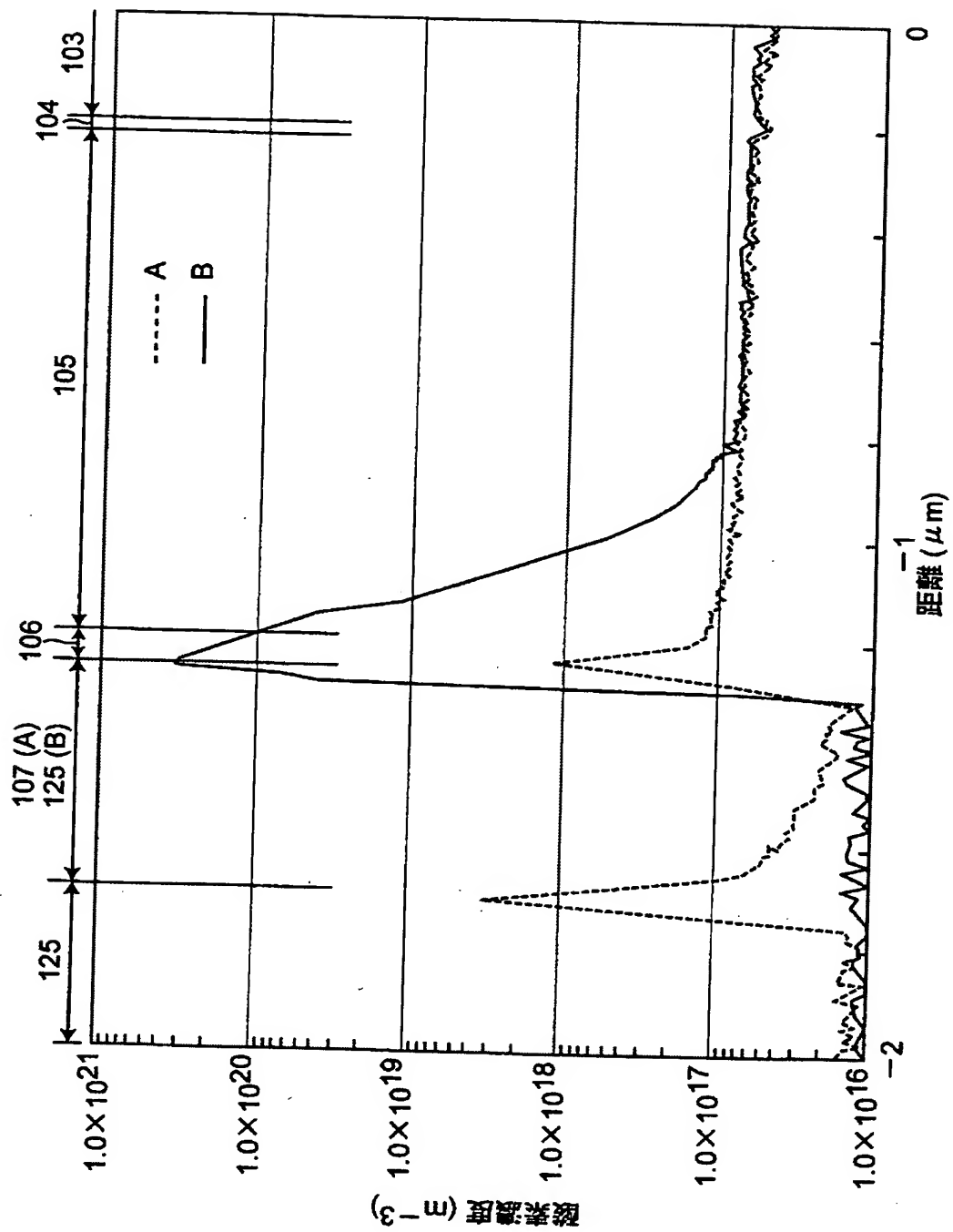


【図 3】

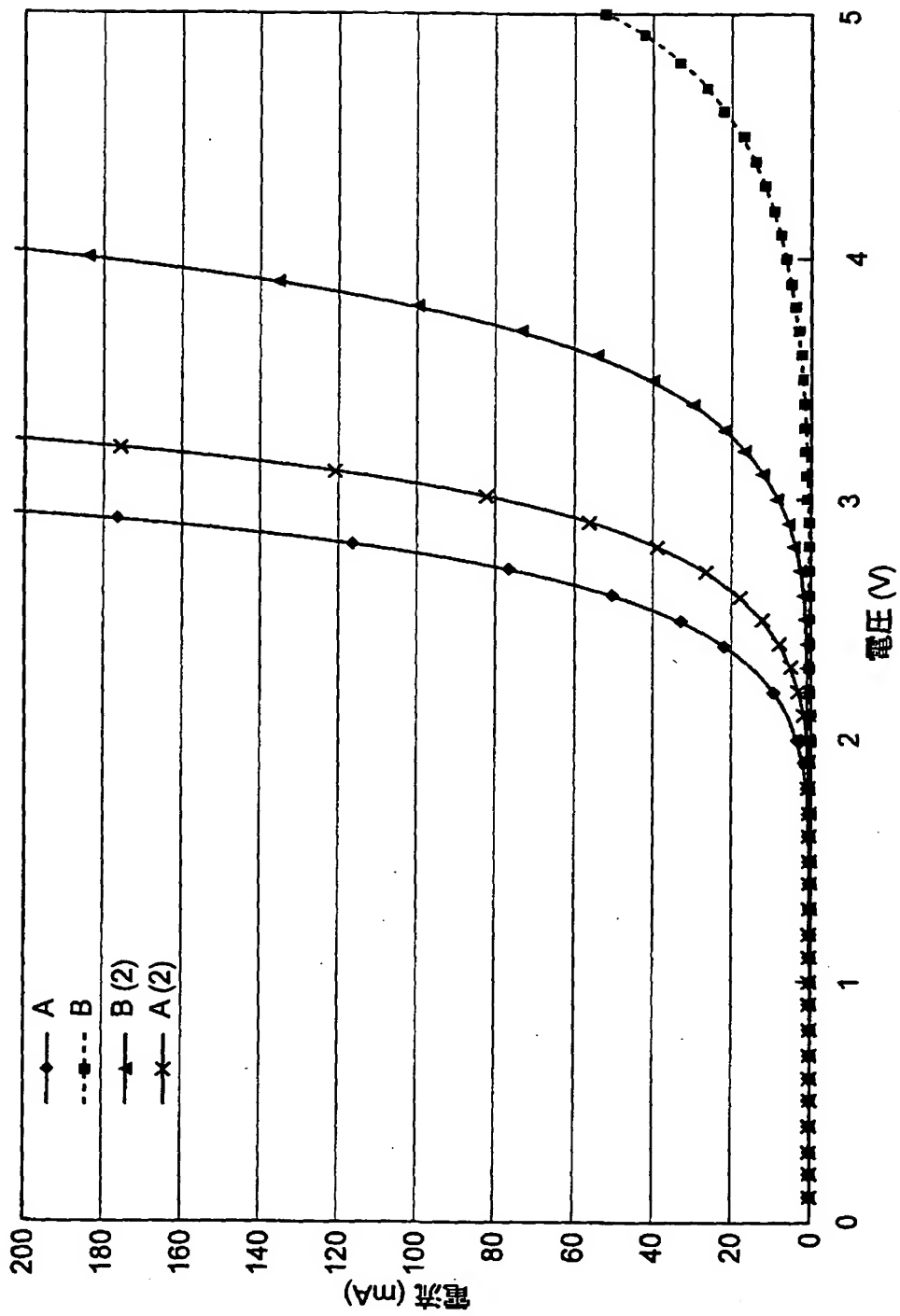




【図 4】

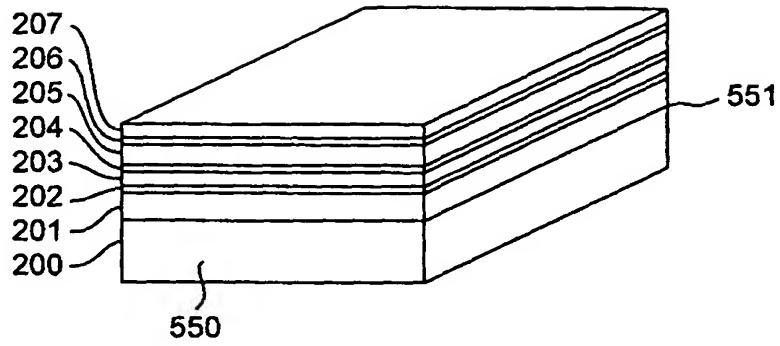


【図 5】

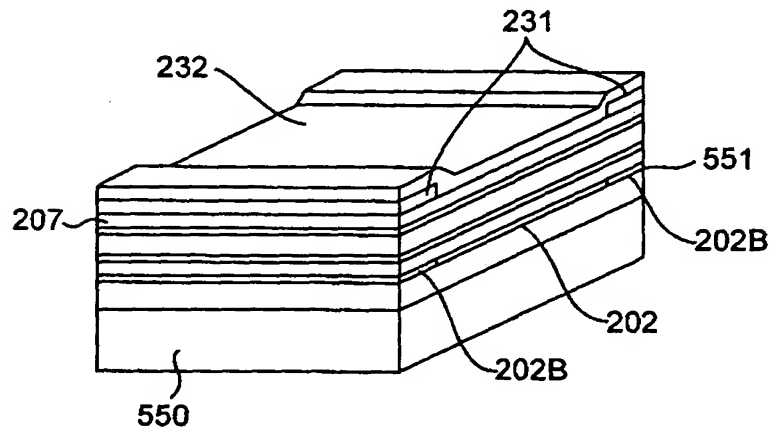


【図 6】

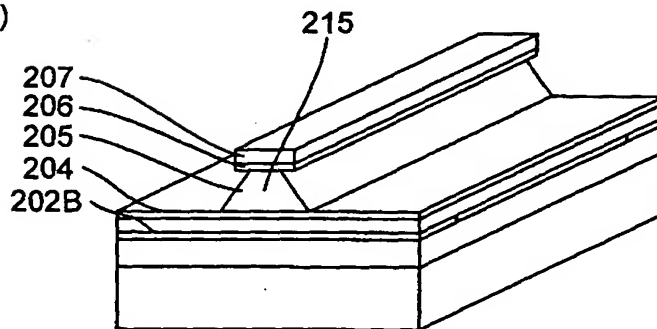
(A)



(B)

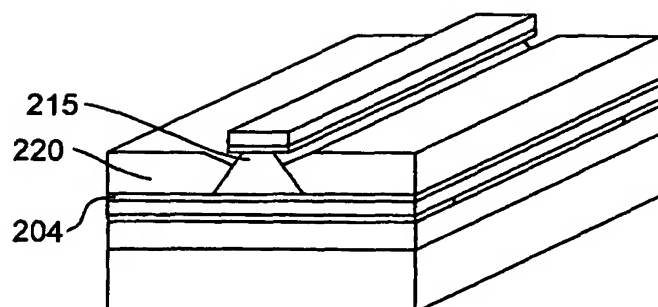


(C)

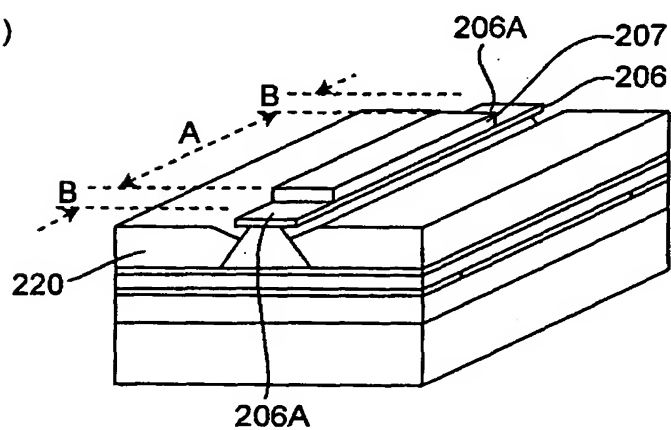


【図 7】

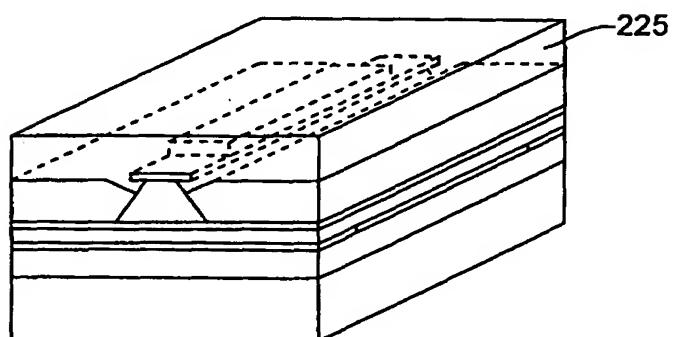
(A)



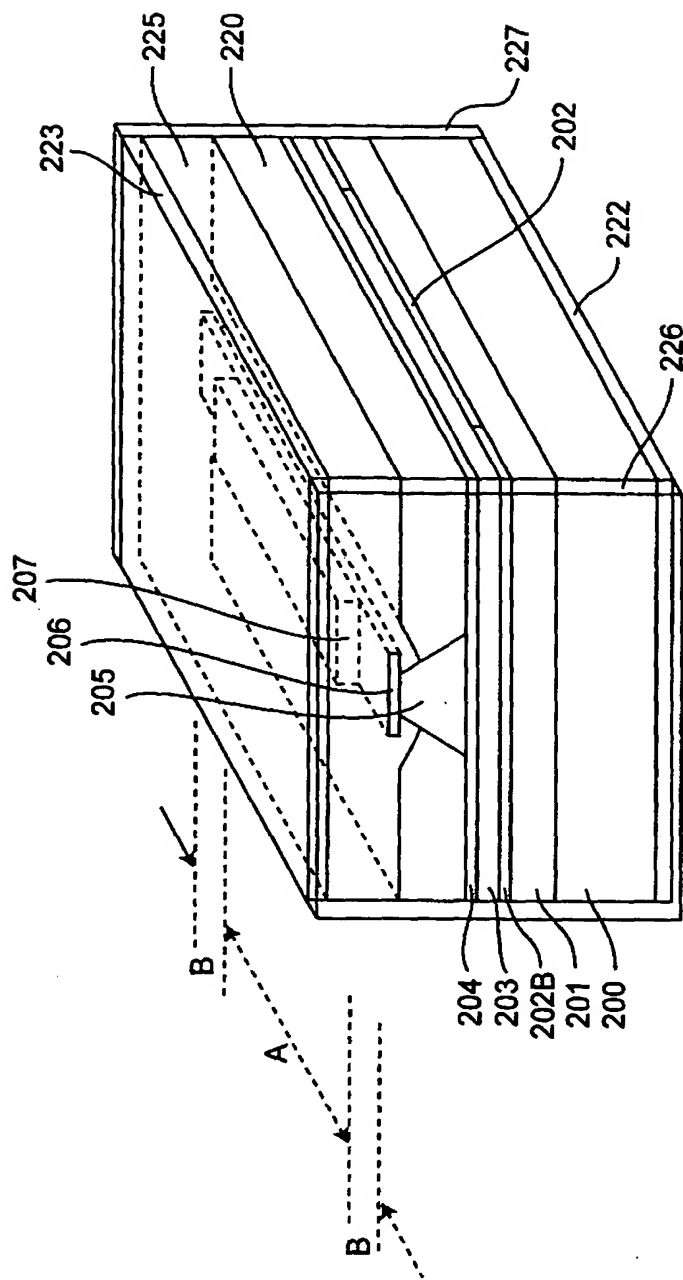
(B)



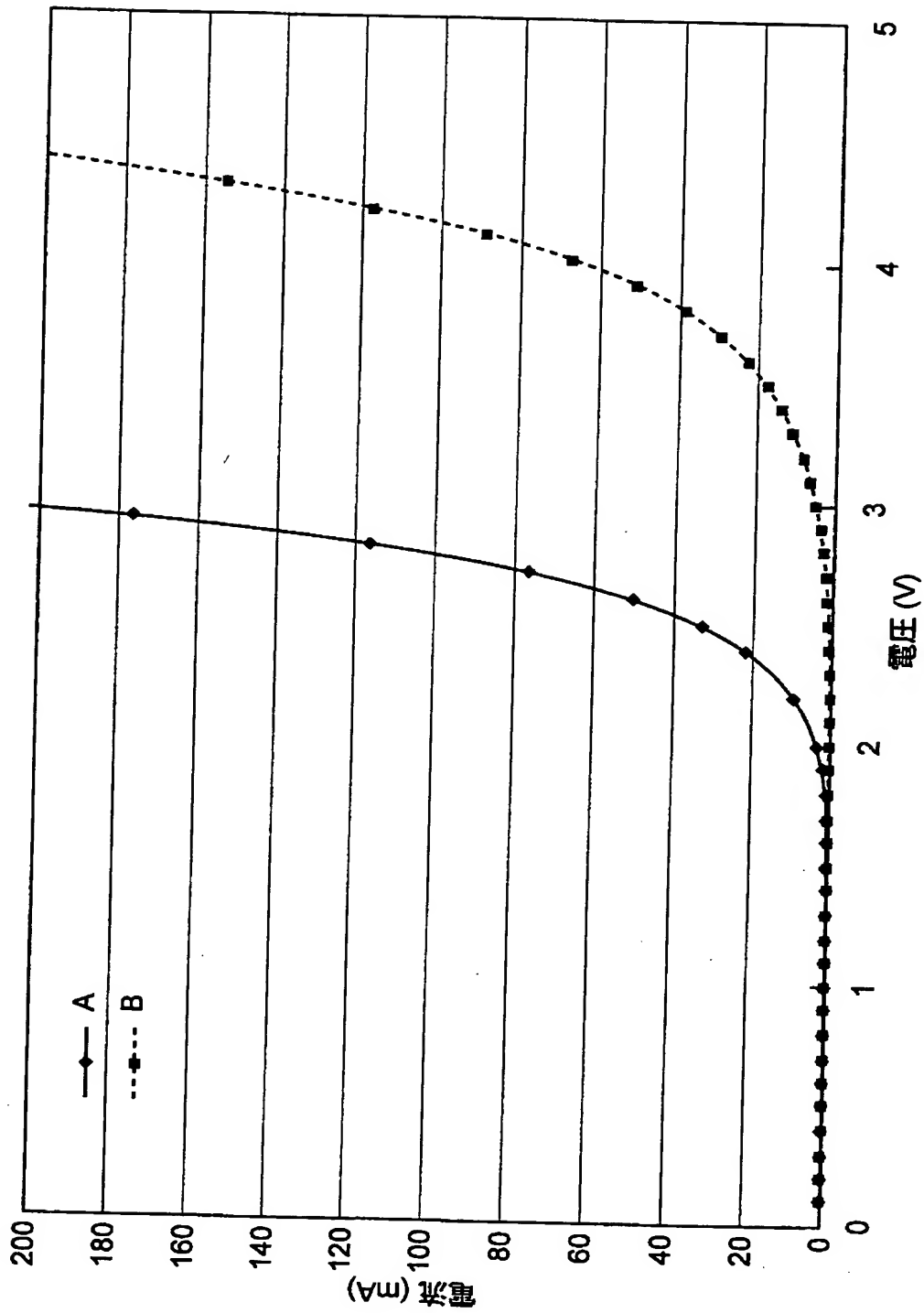
(C)



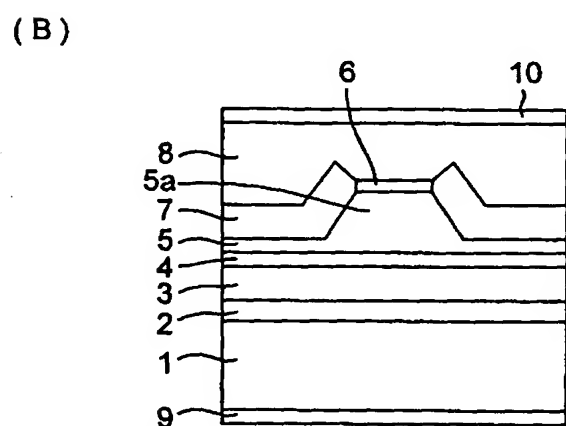
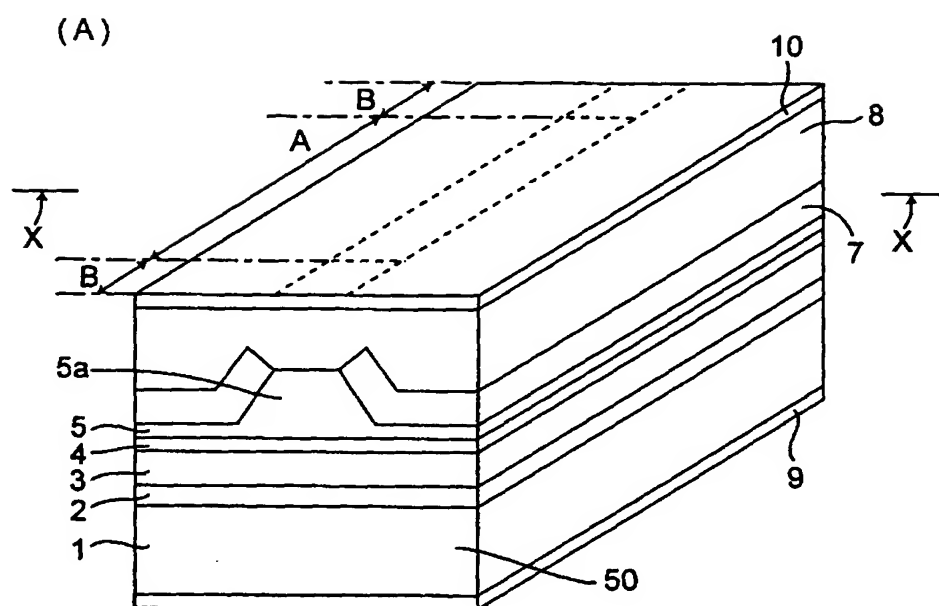
【図 8】



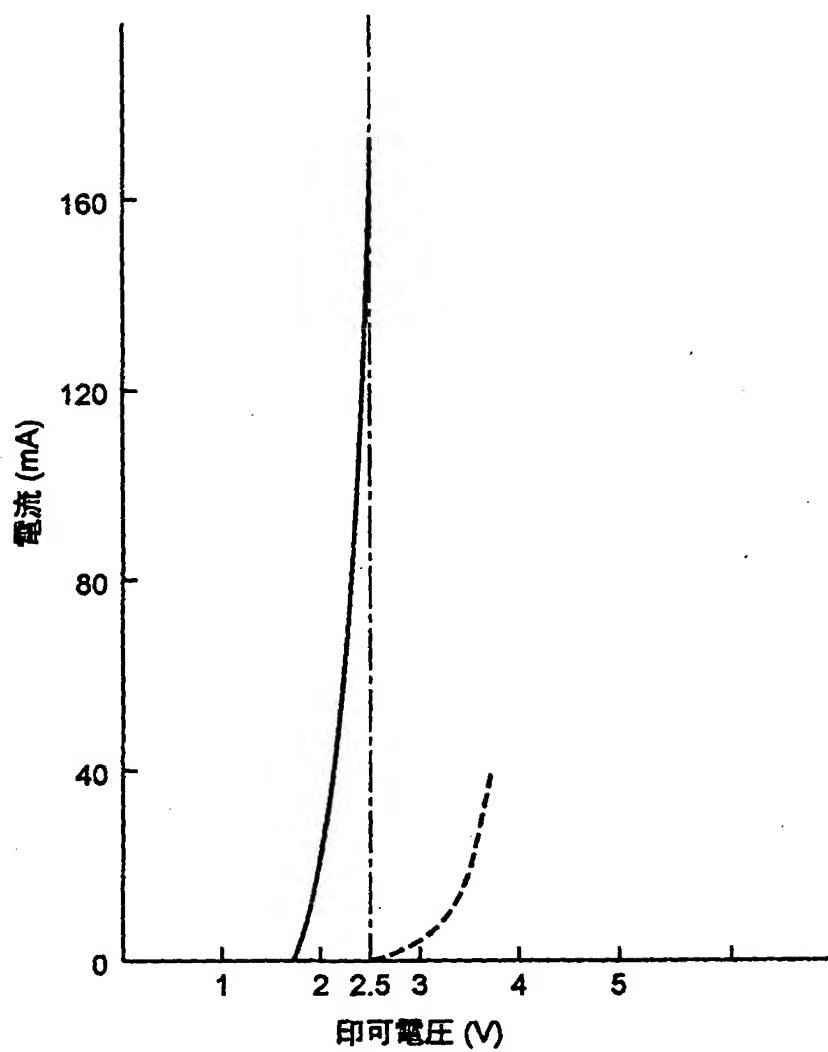
【図 9】



【図 10】

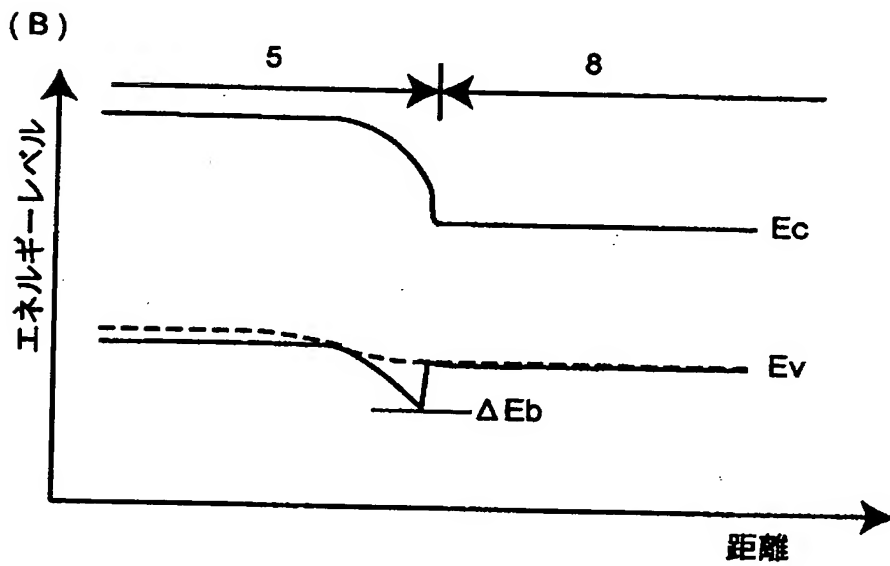
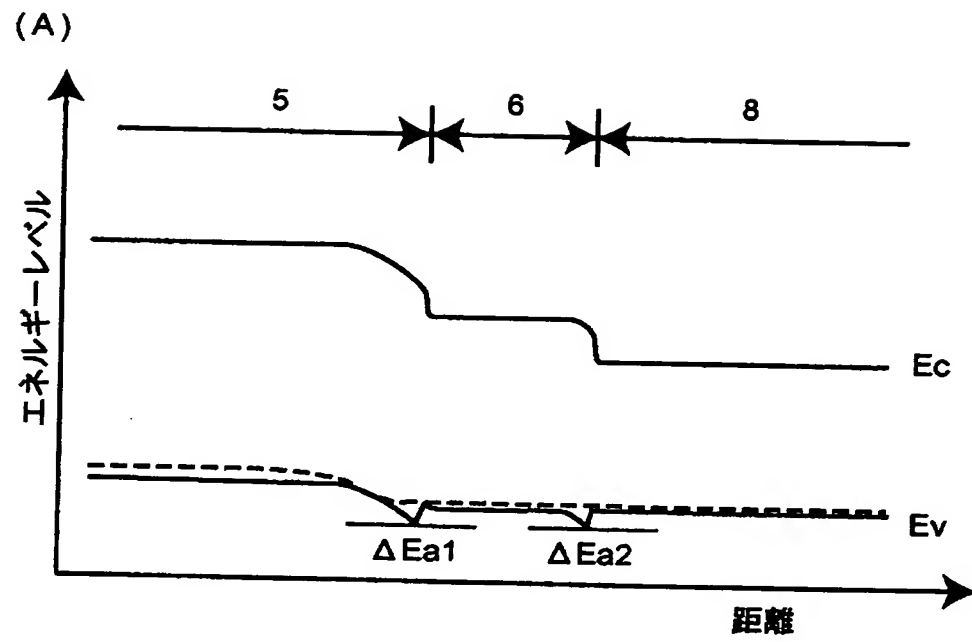


【図 11】



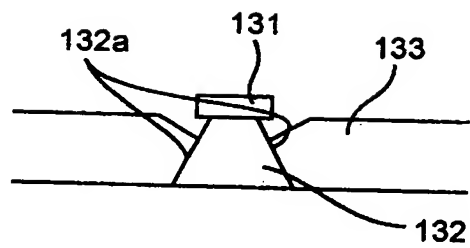


【図 12】

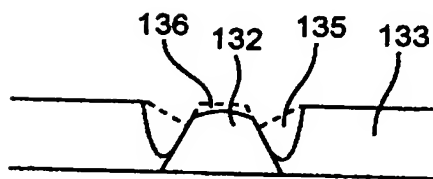


【図 1 3】

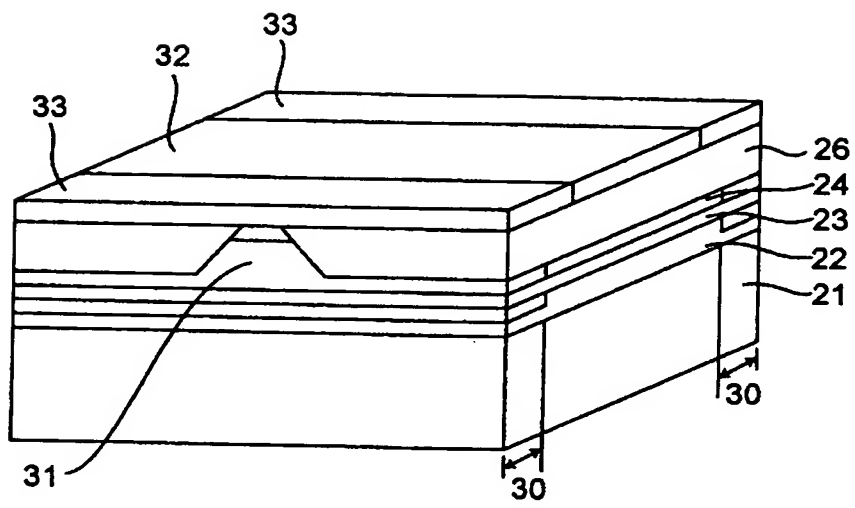
(A)



(B)



【 図 1 4 】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 出射端面の劣化を防止できると共に、出射端面近傍での光の吸収を抑えてレーザ光の出射出力の低下を防止できる半導体レーザ装置およびこの半導体レーザ装置の製造方法を提供する。

【解決手段】 半導体レーザ装置に、p型GaInP中間バンドギャップ層106表面上のレーザ光出射端面側の電流非注入領域Bに形成された酸化物層106Aと、p型GaInP中間バンドギャップ層106上の上記電流非注入領域B以外の電流注入領域Aに形成されたp型GaAsキャップ層107と、上記酸化物層106A上および上記p型GaAsキャップ層107に形成されたp型GaAsコンタクト層125とを設ける。

【選択図】 図3

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000005049]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	大阪府大阪市阿倍野区長池町22番22号
氏 名	シャープ株式会社